III. *Observations sur la décomposition de l'amidon à la température atmosphérique par l'action de l'air et de l'eau. Par* Théodore de Saussure, *Professeur de Minéralogie dans l'Académie de Genève, Correspondant de l'Institut Royal de France, &c. Communicated by* Alexander Marcet, *M. D. F. R. S.*

Read December 17th, 1818.

§ I. L'EXAMEN des changements que les substances végétales subissent en agissant les unes sur les autres, et par leur exposition à l'action de l'air et de l'eau, est le plus sur moyen d'expliquer plusieurs effets de la végétation ; s'il ne conduit pas à ce but, il donne lieu à des expériences importantes pour la théorie de la fermentation.

L'amidon n'a presque pas été examiné sous ce rapport, ou du moins il ne l'a été que par des observations insuffisantes et indirectes ; je rappellerai celles qui me sont connues.

Lorsqu'on eut trouvé que les graines céréales formoient du sucre en germant, et que cette production n'avoit pas lieu en même temps à la température atmosphérique, dans des graines privées du contact du gaz oxigéne, et imprégnées d'eau,* on fut conduit à admettre que ce gaz qui disparoit dans la germination pour former de l'acide carbonique avec le carbone de la semence, étoit le principal agent† de la conversion de la matière farineuse en sucre, sans avoir cependant aucune preuve directe de cette théorie ; d'ailleurs,

* Some experim. and observ. on the nature of sugar by W. CRUIKSHANKS.

† Ibid, and system of chemistry, by TH. THOMSON.

l'observation que les graines céréales ne forment point de sucre avec l'eau sans le contact de l'air, n'avoit été fondée que sur leur saveur, ou sur un apperçu trop vague pour qu'il put être admis sans un examen ultérieur.

M. Vogel a recherché l'influence de la chaleur sur l'amidon mêlé d'eau, en le soumettant à l'ébullition avec ce liquide pendant quatre jours de suite. Le mélange est devenu très fluide, il a transmis par la filtration un liquide qui après avoir été évaporé a présenté un mucilage épais et amer qui n'avoit pas le moindre gout sucré. L'amidon resté sur le filtre résistoit à l'action de l'eau bouillante, et présentoit une masse cornée très dure.*

On n'ignore pas que M. Kirchoff a découvert dans ces derniers temps qu'en ajoutant du gluten sec pulvérisé à une double quantité d'amidon reduit à l'état d'empois, et qu'en les faisant digérer pendant dix ou douze heures à une température de 40° à 60° R. celui-ci se convertit en partie en sucre.† Ce résultat très intéressant, mais dont les circonstances n'ont pas été suffisamment déterminées, a conduit ce chimiste à admettre que la conversion de l'amidon en sucre dans la germination, s'opère uniquement par le gluten, et à exclure l'explication de ceux qui, avant ses observations, avoient attribué ce changement à l'influence du gaz oxigéne sur la matière farineuse. M. Kirchoff appuye sa réfutation en avançant que l'amidon seul, placé dans des circonstances favorables à la germination, ne forme point de sucre.

Les expériences que je vais décrire prouvent cependant que l'empois d'amidon seul et abandonné à lui-même forme au

* Annales de Chimie, T. 82.

† Beitrage zur chemie und physiq. vom Schweiger, 14 Band.

bout d'un certain temps une quantité considérable de sucre crystallisable et qui a beaucoup de rapport avec celui que ce chimiste a obtenu par l'acide sulfurique. Cette décomposition spontanée de l'amidon mêlé d'eau fournit encore d'autres produits, et en particulier une espèce de gomme et une matière intermédiaire entre celle-ci et l'amidon. Leur proportion varie suivant plusieurs circonstances qu'il est très difficile de déterminer. Pour indiquer l'ordre de mes recherches et le procédé de mes analyses, j'exposerai en détail la première que j'ai faite à ce sujet. C'est celle dans laquelle la décomposition de l'amidon a été la plus avancée, quoique ce ne soit pas l'opération qui m'ait fourni la plus grande quantité de sucre.

§ II. J'ai placé de l'empois formé avec vingt grammes d'amidon,* et douze fois son poids d'eau distillée bouillante dans un vase cylindrique où le mélange offroit une grande surface à l'air, et formoit une couche de deux centimètres d'épaisseur. Ce vase recouvert d'un grand récipient sous le quel l'air extérieur pénétroit facilement, a été laissé en repos pendant deux ans dans un lieu où la température s'élevoit en

* L'amidon employé à cette expérience étoit de l'amidon de froment, pris dans le commerce sous le nom d'amidon de *première qualité.* On n'en pouvoit pas séparer une quantité notable de gluten : car après avoir mis cet amidon en macération pendant dix jours avec trente fois son poids de vinaigre distillé, il a fourni par la filtration une liqueur qui étant évaporée a laissé un résidu acide, mol, dont le poids n'étoit que la quatre millième partie de l'amidon employé; et ce résidu retenoit un peu d'eau, le mucilage du vinaigre, et environ la sixième de son poids d'acide acétique. L'eau froide mise en macération pendant vingt quatre heures sur cet amidon, ne lui enlevoit pas une quantité sensible de son poids. 100 parties de cet amidon séché à 18° R. perdoient par le dessèchement à la temperature de l'eau bouillante 13,66 de leur poids. J'ai varié mes expériences avec des amidons pris dans différents magasins; ils m'ont tous fourni des résultats analogues à ceux que je décris dans le texte.

été jusqu'à 18° R. Lorsqu'à cette époque, le mêlange a été retiré, il a présenté une pâte grise, liquide, couverte de moisissure, et presque sans odeur ; elle ne changeoit alors, ni dans aucune époque antérieure de son altération, ni après avoir été délayée et filtrée, les couleurs végétales employées comme réactifs ; elle ne pouvoit plus faire les fonctions de colle. Le poids de l'amidon avant son altération étoit beaucoup plus grand que celui de cet amidon altéré ; le premier étoit au second comme 100 : 76,2, après leur dessèchement à la température atmosphérique, et comme 100 : 180,46, après leur dessèchement à la température de l'eau bouillante.

§ III. La pâte dont je viens de parler a été mise en macération pendant vingt quatre heures avec une quantité d'eau *froide* à peu près égale à vingt fois le poids de l'amidon considéré dans l'état sec, puis jetée sur un filtre de papier, et lavée avec une nouvelle dose de liquide ; elle a fourni une liqueur transparente, d'un jaune pâle, qui a laissé après son dessèchement un extrait un peu mol, et dont le poids étoit égal à la $\frac{47}{100}$eme soit environ à la moitié de celui de l'amidon qui avoit formé l'empois. Cet extrait a été dissous dans une fois son poids d'eau, puis mêlé avec dix fois son poids d'esprit de vin à 35° de l'aréomètre de Baumé : il a dissout le sucre en précipitant l'espèce de gomme que je décris dans la note A à la fin de ce mémoire. Cette gomme retenoit alors un peu de sucre et d'un produit intermédiaire entre la gomme et l'amidon ; on l'a purifiée en la traitant par l'alcool comme l'extrait précédent, en la dissolvant ensuite dans l'eau, et en la filtrant. Le poids de cette gomme desséchée, transparente, et soluble dans l'eau froide en toute proportion, étoit égal à deux grammes, ou à la dixième de l'amidon mis en expérience.

§ IV. Les dissolutions alcooliques évaporées d'abord à un feu doux et ensuite à la température atmosphérique ont commencé par présenter un résidu sucré, transparent, en consistance de miel, qui retenoit encore un peu de gomme que j'ai comprise dans le produit précédent ; elle a été séparée par une nouvelle dissolution dans l'eau, et la précipitation par l'alcool. Il s'est formé au bout de peu de jours dans le résidu de l'évaporation de la liqueur alcoolique, des crystaux le plus souvent réunis en groupes sphériques, hérissés de lames transparentes ; ils présentoient au microscope lorsqu'ils étoient isolés, des lames quarrées et des cubes. Bientôt ce résidu s'est presque entièrement converti en une masse opaque de sucre concret, jaunâtre, doué de l'odeur propre à la cassonade : il est resté long-temps gluant par son mélange avec un syrop plus difficile à crystalliser ; mais par une longue exposition à l'air, le tout a paru sec et homogène. Son poids étoit égal à la 0,37ème, soit à plus du tiers de l'amidon employé pour cette expérience.

Ce sucre que je n'ai pas dépouillé de son principe colorant passe à la fermentation alcoolique avec une très petite quantité de levure ; si elle étoit trop abondante ou si elle montoit à $\frac{1}{5}$ème du sucre, ce mode de décomposition n'auroit point lieu.

100 parties d'alcool absolu bouillant en dissolvent 5 ou 6 parties. L'alcool à 35° BAUME' en dissout $\frac{1}{8}$éme de son poids à une température de 20° R. si le sucre est dans l'état sec ou entièrement concréfié, car s'il étoit un peu visqueux par son mélange avec une matière plus difficile à crystalliser, cet alcool en dissoudroit une plus grande quantité.

Ce sucre s'est liquéfié à la température de l'eau bouillante ; il a perdu par cette opération entre la 0,07 et la 0,08 de son

poids. Comme ses principales propriétés conviennent au sucre d'amidon préparé par l'acide sulfurique, il est très probable que ces deux substances sont identiques.

§ V. Après avoir extrait par l'eau froide, les produits gommeux et sucrés contenus dans le résidu de la décomposition de l'amidon, je l'ai soumis deux fois pendant une ou deux minutes à l'ébullition avec une quantité d'eau égale à celle qui avoit été employée dans l'opération précédente. Les décoctions filtrées après leur *réfroidissement* ont fourni par l'évaporation à siccité, un résidu fragile, jaune, à demi-transparent ; son poids étoit égal à la septième partie de l'amidon employé. Cette substance sur laquelle je reviens plus en détail dans la note B à la fin de ce mémoire, a des propriétés intermédiaires entre le principe gommeux précédent et l'amidon : elle se dissout en petite quantité dans l'eau froid, et en toute proportion dans l'eau bouillante, en formant avec l'une et l'autre, des dissolutions transparentes, non gélatineuses, et qui se filtrent facilement au travers du papier. J'ai donné ici, pour éviter les périphrases, le nom de *amidine* à ce produit, soit aux modifications de l'amidon dans lesquelles il acquiert la propriété de se dissoudre dans l'eau froide, en conservant la faculté de colorer en bleu la solution aqueuse de iode.

§ VI. La pâte qui est restée sur le filtre après l'action de l'eau bouillante, sur l'empois altéré, pouvoit dès lors faire les fonctions de colle ; elle étoit presque noire, et dans l'état sec son poids étoit égal à la sixième partie de l'amidon mis en expérience. L'éther ou l'alcool absolu mis en digestion sur ce résidu, y a dissout en partie une matière colorante, brune, qui en étoit précipitée par l'eau. Cette matière colorante desséchée s'est présentée sous l'apparence d'une huile ou d'une

résine épaisse et visqueuse, mais trop peu abondante pour que j'aie pu la mieux examiner. Elle n'équivaloit qu' à trois millièmes de l'amidon employé.

§ VII. On sait qu' une partie d'amidon se dissout en peu de minutes à l'aide d'une douce chaleur, et sans décomposition apparente, dans quarante fois son poids d'acide sulfurique délayé ou composé d'une partie d'acide sur douze d'eau: mais cette liqueur soumise à l'ébullition dans les mêmes proportions avec le résidu amilacé pulvérisé, sur lequel l'eau bouillante et l'alcool n'avoient plus d'action, n'en a pu dissoudre que la 0,35e partie, soit environ le tiers. La partie dissoute qu'on pouvoit précipiter en partie par l'alcool,* étoit de l'amidon non décomposé mêlé d'une petite quantité d'amidine.

§ VIII. La matière insoluble par l'acide sulfurique délayé se montroit après son dessèchement, sous l'apparence de grumeaux opaques, très fragiles; ils se sont dissous facilement (sauf un petit résidu composé de ligneux et de charbon)

* L'amidon forme avec l'acide sulfurique une combinaison qui crystallise en aiguilles transparentes, prismatiques, très fines ou très allongées. Pour obtenir ce produit, on précipite par de l'alcool la dissolution d'amidon dans l'acide sulfurique délayé, on lave avec de l'alcool le précipité, qui est un mélange d'eau, d'acide sulfurique, d'amidon pur et de la susdite combinaison: elle se dissout en partie par une petite quantité d'eau froide. Cette dissolution filtrée fournit par une évaporation ente et spontanée les crystaux dont j'ai parlé, qui sont melés avec de l'acide sulfurique libre, qu'on enleve par leur lavage avec de l'alcool. Ces crystaux sont en partie décomposés par l'eau qui en précipite de l'amidon; mais en filtrant la dissolution aqueuse, en évaporant, et en enlevant avec de l'alcool, l'acide sulfurique mis à nud, on obtient de nouveau la combinaison ou séche et crystallisée d'acide sulfurique et d'amidon. Ce dernier aussi précipité de cette combinaison par l'eau, a subi une dégère altération, car il ne peut précipiter qu'en rouge de vin la solution aqueus l'iode.

à l'aide d'une douce chaleur, dans dix fois leur poids d'une lessive de potasse qui contenoit un douzième de cet alcali ; ls ont formé ainsi une solution brune, très liquide, qui n'avoit point la consistance visqueuse et gélatineuse propre aux solutions alcalines d'amidon, et ils en étoient précipités par l'acide sulfurique délayé, sous la forme d'une poudre combustible, jaune, légère, qui après son dessèchement offroit une masse noire, brillante semblable à du jayet. Cette dernière délayée dans l'eau, coloroit encore en bleu la solution aqueuse de iode.

La substance végétale dont cette matière amilacée insoluble à chaud par l'acide sulfurique délayé, se rapproche le plus, est le ligneux ou le bois : elle en diffère cependant en ce qu'elle est soluble dans des lessives de potasse plus étendues que celles qui peuvent dissoudre ce dernier, et en ce qu'elle colore en bleu la solution aqueuse d'iode. Je désignerai cette matière sous le nom de *ligneux amilacé*.

§ IX. Le charbon mêlé de ligneux que la lessive alcaline précédente n'a pu dissoudre équivaloit à $\frac{1}{20}$ème de l'amidon employé. Ils n'ont laissé après leur combustion, qu'une très petite quantité de cendres.

§ X. Pour reconnoître le genre d'altération que l'air avoit éprouvé pendant la formation de tous les produits précédents, j'ai exposé sous des récipients pleins d'air et fermés par du mercure, de l'empois récent d'amidon, et d'autre part, de l'empois à différentes époques de son altération par l'action antérieure de l'air. Dans toutes ces expériences, le volume de l'air renfermé dans les récipients n'a subi aucun changement ; le gaz oxigène en a été en partie détruit, mais il a été remplacé par un volume égal de gaz acide carbonique. L'altération que l'amidon a fait subir ainsi à l'air ne s'est

opérée que lentement; dans le cas où elle étoit la plus rapide, et où j'ai employé de l'empois récent, quinze grammes de cette substance contenant $\frac{1}{12}$ème d'amidon n'ont formé sous une grande surface* pendant deux mois à environ 18° R. que cinquante centimètres cubes de gaz acide carbonique dans un décimètre cube d'air. La même quantité d'empois après deux ans d'exposition à l'air libre, produisoit dans une expérience semblable, un volume de gaz acide égal au quart du précédent. Ces expériences montrent que l'influence du gaz oxigéne sur l'amidon se borne à lui enlever du carbone. J'ai vu de plus, en même temps, que la perte de poids que l'amidon altéré éprouve après son dessèchement est beaucoup plus grande que celle qui résulte de la soustraction de ce carbone. On peût en conclure que l'amidon en s'altérant à l'air, perd sous forme d'eau une grande proportion de son oxigéne et de son hydrogéne. Le carbone enlevé à l'amidon par l'air étoit à l'eau qui se formoit en même temps dans le rapport de 1:74, pendant les deux premiers mois de l'altération.

§ XI. La colle d'amidon laissée en repos à l'air libre se couvre de moisissure, et il étoit possible que les résultats que j'ai obtenus fussent l'effet de cette végétation; j'ai empêché son développement, soit en agitant l'empois tous les jours, soit en le plaçant dans de grandes jares fermées, pleines d'air, qui avoit été exposées à la température de l'eau bouillante, immédiatement avant l'introduction de l'amidon, et je n'en ai pas moins obtenu tous les produits dont j'ai parlé précédem-

* Lorsque l'empois n'offre pas une grande surface à l'air, il dégage du gaz acide carbonique à la formation duquel cet air n'a aucune part, et alors on n'observe plus d'égalité entre les volumes du gaz oxigène consumé et du gaz acide carbonique porduit.

ment, savoir, du sucre, de la gomme, de l'amidine, une substance d'apparence huileuse, une matière ligneuse, de l'eau, du charbon, et enfin du gaz acide carbonique dont l'oxigène appartient à l'air ambiant.

§ XII. En répétant les expériences précédentes, soit avec de l'amidon de froment, soit avec celui de pomme de terre, dans différentes circonstances, et toujours avec le contact de l'air, j'ai obtenu les mêmes produits ; leur proportions seules ont varié. Elles m'ont paru indiquer, 1° qu'il se formoit moins d'eau lorsque l'empois offroit moins de surface à l'air ; 2° qu'une température un peu plus élevée que celle qui avoit été employée dans ma première expérience favorisoit beaucoup la production du sucre ; 3° que tout celui qui s'étoit produit dans cette épreuve n'avoit pas été recueilli parce qu'il s'étoit détruit par une fermentation trop prolongée.

§ XIII. Pour déterminer d'une manière précise si l'empois d'amidon se décompose sans le contact de l'air en formant du sucre, j'ai rempli, à la réserve de 8 centimètres cubes, une bouteille avec 300 centim. cubes d'empois, § II; Il a été préparé dans ce vase qui a été bouché et mastiqué avec du ciment pendant que l'eau étoit chaude, pour expulser l'air contenu dans le petit espace désigné plus haut. Cette bouteille a été placée en été dans une chambre où la température s'est maintenue entre le 18° et le 20° R.

J'ai exposé en contact avec l'air dans un vase ouvert, très évasé, à côté du précédent, du même empois qui a été agité tous les jours avec une spatule, et auquel on a ajouté successivement de l'eau distillée pour remplacer celle qui s'évaporoit. Il ne s'y est point formé de moisissure, et il est devenu en peu de temps tout à fait liquide.

Au bout de 38 jours, j'ai analysé l'empois altéré, contenu dans les deux vases. Il avoit perdu l'odeur propre à l'amidon récent, et n'en avoit point contracté de bien marquée. Il s'étoit dégagé dans la bouteille fermée un air condensé qui s'est échappé à son ouverture avec une sorte d'explosion, et que j'ai trouvé par des expériences subséquentes être du gaz acide carbonique mêlé de gaz hydrogéne.

Après avoir réduit par l'agitation les deux empois en une consistance uniforme, et les avoir pesés, j'en ai séparé une partie déterminée pour la sêcher et juger ainsi du changement de poids que l'amidon avoit subi. Ils m'ont fourni des résultats très différents.

L'amidon avoit diminué de poids par la fermentation *avec* le contact de l'air dans le rapport de 100.83 avec des dessèchements opérés à la température de l'eau bouillante.

L'amidon altéré *sans* le contact de l'air n'avoit subi, après son dessèchement au même degré, aucune diminution de poids ; il paroissoit même avoir augmente de $\frac{1}{500}$ème. Cette augmentation se confond avec les erreurs d'observation ; mais si l'on considère que pendant la fermentation, il a formé du gaz acide carbonique dont je n'ai pas tenu compte, et qu'il a diminué de poids, en se décomposant et en produisant de l'eau pendant un dessèchement* qui a duré deux ou trois

* Les dessèchements avant et après la fermentation, ne sont pas faits dans des circonstances égales. Le premièr s'opère sur une matière déjà sèche en apparence et inaltérable à l'air par l'eau qu'elle récéle. Le second est fait sur une substance réduite en pâte et très altérable à l'air dans l'eau qui l'environne. J'ai préparé de l'empois avec 100 parties d'amidon seché à 80° R.; cette pâte réduite par l'évaporation à l'état sec sous la température précédente, n'a représenté par son poids que 98,5 parties d'amidon. Ce résultat indique qu'une substance analogue, dont le poids dans l'état sec ne se seroit point trouvé changé après un pareil traitement, auroit

jours avec le contact de l'air, l'on doit être porté à admettre que cette fécule s'est assimilé les éléments de l'eau dans la fermentation sans le contact de l'air.

Lorsque les dessèchements étoient faits à la température de 18° R. l'amidon paroissoit avoir diminué de poids par la fermentation sans le contact de l'air, dans le rapport de 100:95,8; mais cette diminution étoit illusoire parce qu'il retenoit plus d'eau hygrométrique avant sa fermentation; 100 parties d'amidon non fermenté perdoient 13,66 d'eau par un dessèchement à 80° R.; et 100 d'amidon fermenté ne perdoient que 9,87 par la même opération.

Cent parties d'amidon de froment seché à 18° R. ont laissé par leur fermentation spontanée avec l'eau, dans 38 jours, sans le contact de l'air, un résidu qui contenoit après son dessèchement à la température précédente,

§ IV. Sucre - -	47,4.
§ IV. et § III. Gomme -	23.
§ III. et § V. Amidine -	8,9.
§ VIII. Ligneux amilacé -	10,3.
§ IX. Ligneux mêlé de charbon - - -	quantité imponderable.
§ VII. Amidon non décomposé	4.
	93,6.

Cent parties d'amidon de froment ont fourni par leur fer-

accru sa matière solide avant son dessèchement; et c'est ce qui a eu lieu avec l'amidon fermenté sans le contact de l'air.

Tous ces dessèchements ont été commencés à une chaleur de 40° R. et achevés à la température atmosphérique. La substance a dèslors été pulverisée, puis placée dans la cucurbite d'un alembic recouvert de son chapiteau, et dont le bain marie étoit tenu en ébullition pendant sept heures.

mentation avec le contact de l'air et dans des circonstances d'ailleurs égales,

Sucre	- - -	49,7.
Gomme	- - -	9,7.
Amidine	- - -	5,2.
Ligneux amilacé	- -	92.
Ligneux mêlé de charbon	-	0,3.
Amidon non décomposé,	-	3,8.
		77,9.

Les produits avec le contact de l'air étoient tous plus foncés en couleur.

J'ai répété les deux dernières expériences avec de l'amidon de pomme de terre que j'ai extrait avec beaucoup de soin. Il n'abandonnoit rien de soluble à l'eau froide. Cet amidon qui suivant M. KIRCHOFF, est toujours dépourvu de principe glutineux, diffère à quelques égards de l'amidon de froment; le premier est plus friable; il est composé de grains ovoides environ deux fois plus gros; il exige une température un peu moins élevée pour se réduire en gelée avec l'eau ; il peut se dissoudre dans des lessives de potasse plus délayées; il se décompose moins promptement par la fermentation spontanée; il contient plus d'eau hygrométrique. 100 parties de cet amidon seché à 18° R. et 88° de l'hygrom. à chevéu ont perdu par le dessèchement à la température de l'eau bouillante 16,41 d'eau, tandis que l'amidon de froment a perdu par le même procédé 13,66.

Les résultats suivants ont été obtenus à une époque différente de la précédente, mais dans des circonstances presque sem-

blables, c'est-à-dire à une températ. de 18° à 20° R.: J'ai mastiqué seulement à la bouteille où se faisoit la fermentation sans le contact de l'air, un tube recourbé pour recueillir sur le mercure le gaz qui se dégageoit. 30 grammes de cet amidon reduit à l'état d'empois avec 360 grammes d'eau, ont dégagé, dans 42 jours, 26 centimét. cubes de fluide aëriforme qui étoit composé en volume de 80 parties de gaz hydrogéne presque pur (voyez la note D, à la fin de ce mémoire), et de 16 parties de gaz acide carbonique. Quoique ce dernier paroisse le moins abondant, il n'est pas douteux qu'il n'ait éte produit en quantité environ quatre fois plus grande que le gaz hydrogène, parce que le volume du liquide qui étoit presque quatre fois plus grand que le gaz dégagé, a retenu le gaz acide carbonique dont je n'ai pas tenu compte, et a émis au contraire presque tout le gaz hydrogéne.

Par la fermentation *en contact* avec l'air, l'amidon de pomme de terre a diminué de poids en raison de 100 : 77,7 avec des dessèchements à la température atmosphérique, et en raison de 100 : 85,3 par des dessèchements à la température de l'eau bouillante.

Le poids de l'amidon altéré *sans* le contact de l'air, avec des dessèchements à la température de l'eau bouillante, étoit précisement égal au poids du même amidon avant sa fermentation, en ne tenant pas compte de la perte de poids qu'il a subie par le dégagement du gaz acide carbonique,ni de celle qu'il a éprouvée après cette fermentation par sa décomposition au contact de l'air pendant le dessèchement. L'amidon a paru avoir diminué de poids dans le rapport de 100 : 94 avec des dessèchements à 18° R. ; mais ce changement n'étoit

dû qu'à la différente faculté hygrométrique de cette substance avant et après son altération. Dans ce dernier état, 100 d'amidon perdoient 10,6 d'eau à 80° R. tandis que cette perte montoit à 16,41 avant la fermentation.

100 d'amidon de pomme de terre séché à 18' R. ont laissé par la fermentation spontanée pendant 42 heures, sans le contact de l'air, un résidu qui a fourni après son dessèchement à la même température,

Sucre - - -	35,4.
Gomme - - -	17,5.
Amidine - - -	18,7
Ligneux amilacé - -	7
Ligneux mêlé de charbon quantité imponderable.	- - -
Amidon non décomposé -	9,4,
	88.
Perte dans l'analyse	6.
	94.

100 d'amidon de pomme de terre ont fourni par leur fermentation avec le contact de l'air, et dans des circonstances d'ailleurs égales,

Sucre - - -	30,4.
Gomme - -	17,2.
Amidine - -	17.
Ligneux amilacé - -	4,4.
Ligneux mêlé de charbon -	0,2.
Amidon non décomposé -	9,3.
	78,5.

Les principaux résultats que je déduis de ces expériences

sont; 1°, que l'air n'a aucune influence sur la formation du sucre dans la décomposition spontanée de l'amidon; 2°, que la fermentation sans le contact de l'air diffère de celle qui s'opère avec ce contact, en ce que dans cette dernière, l'amidon perd sous forme d'eau une grande proportion de son oxigène et de son hydrogène; tandis que dans la fermentation sans le contact de l'air, l'amidon bien loin de perdre de l'eau paroit s'approprier au contraire une petite quantité des éléments de ce liquide.*

§ XIV. Pour comparer la fermentation spontanée de l'amidon avec le procédé par lequel M. Kirchoff a produit du sucre dans l'espace de dix ou douze heures en mêlant du gluten sec pulvérisé avec une double quantité d'amidon qu'on réduit à l'état d'empois, et en les exposant à une température de 40° à 60° R., j'ai divisé ce mêlange en trois parties égales qui ont été chauffées (avec le degré et le temps prescrits) au même bain marie, dans trois vases différents: Le premier d'entr'eux étoit plein et exactement fermé; le second étoit ouvert, évasé, et en libre contact avec l'air; le troisième étoit un ballon fermé plein d'air, dont l'empois n'occupoit que la cinquantième partie.

Le poids du produit de ces opérations, même de celles qui avoient été faites avec le contact de l'air, étoit égal aux poids du gluten et de l'amidon avant leur mélange, ou du moins il ne leur étoit inférieur que d'une quatre millième, en faisant les dessèchements à la température de l'eau bouillante.

Dix grammes d'amidon ont produit dans le ballon fermé

* Le sucre obtenu dans les expériences où la fermentation de l'amidon de froment et de pomme de terre n'a duré que cinq ou six semaines, n'a point pu crystalliser. Il n'en étoit pas de même lorsque les fermentations ont été beaucoup plus prolongées.

et plein d'air, 50 centimètres cubes de gaz acide carbonique à la formation duquel cet air n'avoit eu aucune part, car après son mélange avec la potasse, il contenoit la même proportion de gaz oxigéne qu'avant l'expérience.

Il s'est formé dans les trois vases à très peu près la même quantité de sucre, c'est-à-dire environ la septième partie de l'amidon employé. Les petites différences entre les résultats, et qui pouvoient être accidentelles, se trouvoient en faveur de l'exclusion de l'air pour la production du sucre. La matière sucrée bien purifiée et obtenue par les procédés du gluten diffère du sucre qu'on obtient de l'amidon fermenté sans mélange étranger,

1°, En étant beaucoup moins soluble dans l'alcool aqueux. 100 parties de cette liqueur à 35° de l'aréomètre de BAUME' n'en ont pu dissoudre que 2,85 parties à une température de 18° R.

2°, En ce qu'elle forme avec dix fois son poids d'eau une dissolution où la décoction de noix de gale produit un précipite blanc, très abondant, et dont on ne voit aucun vestige avec les dissolutions des autres sucres.

La gomme obtenue par le procédé décrit § 3, équivaloit à la quinzième partie de l'amidon employé ; elle différoit de celle de l'amidon fermenté, 1°. en formant une dissolution aqueuse qui, en opposition avec le résultat de M. KIRCHOFF, étoit abondamment troublée par la décoction de noix de gale ; 2°, en colorant en bleu la solution aqueuse de iode qui y manifestoit ainsi la présence de l'amidine ou de l'amidon.

Après avoir extrait par l'eau froide les principes gommeux et sucrés, j'ai essayé inutilement de séparer par l'eau bouillante, l'amidine du résidu de l'opération ; il se réduisoit par

ce traitement en une colle qui ne transmettoit rien par les filtres. La matière inattaquable par l'eau froide se dissolvoit en partie dans l'acide sulfurique délayé. Le résidu indissous étoit un mélange de gluten et de ligneux amilacé. Ce dernier se séparoit dans la liqueur par sa différente densité; il ne donnoit par sa blancheur aucun indice de matière charbonneuse, et il se dissolvoit en entier dans des lessives de potasse très étendues. Quoique l'on reconnut dans ces produits tous ceux de la fermentation de l'amidon seul, ils étoient impossibles à extraire dans leur état de pureté à cause de l'intervention de la matière glutineuse qui les faisoit adhérer les uns aux autres.

Il se forme dans cette opération, suivant l'observation de M. Kirchoff, un acide que la liqueur retient après l'ébullition. Ce produit est dû au gluten qui le dégage par sa fermentation, sans le secours de l'amidon. L'absence de cet acide dans la fermentation de l'amidon pur, montre que la formation du sucre par les procédés antérieurs n'a pas été due à la présence accidentelle du gluten.

Malgré ces différences, la décomposition spontanée de l'amidon seul sans le contact de l'air, et celle qui s'opère par l'intermède du gluten, ont dans leurs résultats généraux plusieurs caractères semblables très frappants. Il y a production de matière sucrée, de gomme, de ligneux amilacé, et probablement d'amidine. Il y a dégagement de gaz acide carbonique. Il n'y a point de précipitation de charbon et point d'eau formée ou de perte de poids dans le produit sec de l'opération. On peut en conclure que le gluten en s'unissant à l'amidon ne fait qu'accélérer une fermentation que ce dernier auroit subie par lui-même sans cette influence, qui modifie légèrement les produits de l'opération.

§ XV. M. Kirchoff a trouvé* que quelques acides différents de l'acide sulfurique convertissoient l'amidon en sucre. Pour connoître si le gaz acide carbonique qui se forme par la fermentation de l'amidon avoit été la cause de la production du sucre dans mes expériences, j'ai introduit dans un grand ballon de verre, de l'empois d'amidon de froment, § 11, dont il n'occupoit que la cinquantième partie, et après y avoir fait le vide par la pompe pnéumatique, je l'ai rempli avec du gaz acide carbonique pur. Ce ballon, fermé par un robinet, a été exposé pendant quarante jours dans un lieu où la température s'est maintenue entre le 18° et le 20° R. L'amidon n'a presque pas été décomposé, car 100 parties ont fourni par cette opération,

Sucre	- - -	1.
Gomme	- - -	0,36.
Amidine mélé d'amidon	-	1.

Les $\frac{98}{100}$ème de l'amidon ne paroissoient avoir subi aucune altération. Le gaz acide carbonique met donc obstacle à la fermentation de l'amidon, et à la formation de tous les produits dont j'ai parlé.

Résumé des principales observations contenues dans ce Mémoire.

L'amidon réduit par l'eau à l'état d'empois, et abandonné à sa décomposition spontanée, à une température entre 16° et 20° R., produit soit avec le contact de l'air, soit sans cette influence,

1°, une espèce de sucre semblable à celle qu'on obtient de

* Journal de Physique par De La Metherie, T. 74.

la même fécule par l'intervention de l'acide sulfurique délaye et d'une plus haute température.

2°, une espèce de gomme qui a un grand rapport avec le principe gommeux de l'amidon torréfié.

3°, une matière que j'ai désignée sous le nom d'amidine, et dont les propriétés sont intermédiaires entre celles de l'amidon et de la gomme précédente.

4°, une substance qui s'approche du ligneux par son insolubilité dans l'eau bouillante et dans plusieurs acides ; mais elle tient de la nature amilacée en colorant en pourpre la solution aqueuse d'iode.

La décomposition spontanée de l'amidon fournit encore d'autres produits ; mais leur présence et le mode de leur formation sont subordonnés à l'action ou à l'absence de l'air atmosphérique pendant la fermentation.

Lorsque cette décomposition se fait *avec* le contact de l'air, l'amidon produit une grande quantité d'eau, dans laquelle le gaz oxigène atmosphérique n'entre point comme principe constituant. Il se forme du gaz acide carbonique dont l'oxigène appartient à l'air atmosphérique. L'amidon dépose encore dans cette circonstance du charbon qu'on ne sépare qu'imparfaitement, et qui rembrunit tous les produits de l'opération. Le gaz oxigène n'est point absorbé dans cette fermentation qu'en tant qu'il forme le gaz acide carbonique dont je viens de parler. Le poids du résidu sec de la décomposition de l'amidon avec le contact de l'air pèse moins que l'amidon employé. La soustraction dû carbone par l'air n'entre que très peu dans ce déchet qui est du presque uniquement à l'eau formée par l'amidon, et qui se volatilise.

Lorsque la décomposition spontanée s'opère *sans* le contact

de l'air, l'amidon ne produit point d'eau, il dégage une petite quantité de gaz acide carbonique et du gaz hydrogène pur ou presque pur. Il ne dépose point de charbon. Le poids du résidu de cette fermentation après le dessèchement à la température de l'eau bouillante s'est trouvé dans mes expériences égal au poids de l'amidon employé à la même température: mais comme je n'ai tenu compte ni de la perte qu'il a subie par le dégagement du gaz acide carbonique, ni de celle qu'il a éprouvée par sa décomposition dans un long dessèchement avec le contact de l'air, il me paroit probable que l'amidon dans sa fermentation sans ce contact, fixe ou s'approprie en petite quantité les éléments de l'eau.

Mes expériences sans l'influence de l'air n'ont été ni assez prolongées ni assez multipliées, pour indiquer si sa présence augmente la quantité du sucre; leurs résultats à cet égard ont varié. Il est probable que l'air la diminue, en détruisant tous les produits de l'opération.

La conversion de l'amidon en sucre par l'intervention du gluten, dans l'espace de quelques heures, et par une température éleveé, fournit des produits sucrés et gommeux qui diffèrent des substances obtenues dans l'opération précédente, en ce qu'ils donnent avec l'eau, des dissolutions où la décoction de noix de gale indique la présence de la matière glutineuse par des précipités abondants. Ce principe donne au produit sucré d'autres propriétés distinctives très saillantes. Il s'engendre de plus dans l'empois mêlé de gluten, un acide qui ne se manifeste point dans la fermentation de l'amidon seul, et qui paroit dû exclusivement à la fermentation du gluten. D'ailleurs la décomposition spontanée de l'amidon

sans le contact de l'air, et celle qui s'opère par l'intermède de la matière glutineuse, ont en général des caractères semblables. Le gluten en s'unissant à l'amidon, ne paroit qu'accélérer une décomposition que celui-ci auroit subie plus tard, sans cette influence.

FOURCROY à désigné quelques opérations chimiques dans les quelles il se produit du sucre, sous le nom de fermentation saccharine. Il avoit principalement fondé cette distinction sur le gout sucré que prennent plusieurs fruits par la coction, et sur la formation du sucre dans l'acte même de la végétation et de l'animalisation : mais le premier résultat, celui de la saveur, étoit trop indéterminé ; et le second ne s'adaptoit pas au nom de fermentation, qui suppose l'acte d'un mouvement spontané et intestin dans des substances végétales ou animales désorganisées et privées de vie. Aussi cette désignation n'a-t-elle pas été adoptée. Mais puisque nous voyons par des effets précis que la formation du sucre a lieu dans le sens le plus strict attaché au mot de fermentation, il convient de distinguer cette dernière, et de la faire précéder toutes les autres, en lui conservant le nom de fermentation saccharine.

Genève ce 7 Octobre, 1818.

Note A, sur la gomme produite par la fermentation spontanée de l'amidon, § III. *et* § XIII.

Cette gomme purifiée par sa dissolution dans l'eau, sa filtration, et sa précipitation par l'alcool, est, après son desséchement, transparente et presque sans couleur, si la fermentation

s'est faite sans le contact de l'air ; mais si cette opération a été très prolongée avec ce contact, si elle a été accompagnée de moisissure, la gomme est jaune et un peu trop molle pour pouvoir être pulvérisée. 100 parties de cette gomme à 15° R. perdoient par ce dessèchement à la température de l'eau bouillante 11,75 d'eau ; dans cet état, elle est toujours très friable. Elle n'attire pas d'ailleurs l'humidité de l'air ; elle y est inaltérable: mais sa dissolution aqueuse s'y décompose au bout d'un certain temps, sans passer à l'état acide, en prenant une odeur putride, et en déposant d'épaisses mucosités.

Elle est insoluble dans l'alcool, et elle est soluble dans l'eau en toute proportion. Deux parties de ce liquide et une de gomme offrent une solution très fluide, mais elle devient filante et visqueuse lorsque le poids de la gomme excède celui de l'eau.

La dissolution d'une partie de gomme dans dix d'eau n'est troublée ni par l'acetate de plomb, ni par le sous acétate de plomb, ni par la décoction de noix de gale, ni par la liqueur des cailloux.

Elle n'altère pas la couleur de l'infusion de tourne-sol.

Elle ne produit aucun changement de couleur dans la solution aqueuse d'iode.

Elle est foiblement troublée par l'eau de baryte.

Elle ne produit point d'acide muqueux avec l'acide nitrique.

Cette gomme a beaucoup de rapports avec celle qu'on obtient de l'amidon torréfié. Elles diffèrent seulement en ce que l'eau de baryte fait un précipité beaucoup moins abondant dans la solution de gomme d'amidon fermenté ; en ce que cette dernière a un peu de flexibilité à une basse température,

et en ce qu'elle a une couleur beaucoup moins foncée, et presque nulle, si la fermentation s'est faite sans le contact de l'air.

Note B, sur la matière intermédiaire entre la gomme et l'amidon, ou sur l'amidine, § V. *et* § 13.

Le résidu de la décomposition spontanée de l'amidon, après avoir été traité par l'eau froide, abandonne à l'eau bouillante un principe que ce liquide, après son réfroidissement et sa filtration, retient en dissolution, et que j'ai désigné sous le nom d'amidine. On la purifie dans l'état sec, en la lavant avec une petite quantité d'eau froide, en la faisant dissoudre dans l'eau bouillante, et en filtrant la dissolution après son réfroidissement. Ce produit ne me paroissant être qu'une modification spéciale de l'amidon, ne conservera pas le nom que je lui ai donné ici pour abréger : car on ne surchargera pas la science de nouveaux noms pour les modifications infinies que peut présenter toute substance végétale ou animale par une légère altération.

L'amidine obtenue par l'évaporation de sa dissolution aqueuse, se présente, suivant le mode du desséchement, en fragments blancs, opaques, et irréguliers, ou sous l'apparence d'une matière jaune pâle, à demi transparente (comme de la gomme arabique), et très friable. Elle est insoluble dans l'alcool. L'eau froide mise en macération sur l'amidine en dissout environ $\frac{1}{10}$ème de son poids, et présente après sa filtration une liqueur sans couleur, et très fluide.

L'eau dissout l'amidine en toute proportion à une température d'environ 50° R., et elle en retient en dissolution, après

son réfroidissement, une beaucoup plus grande proportion que celle dont se charge ce liquide lorsqu'il agit à froid sur cette substance. La décoction peut être rapprochée par l'évaporation au point de contenir le quart de son poids d'amidine en dissolution, sans se troubler ou sans se convertir en pâte et en gelée par le réfroidissement ; ce qui n'a point lieu pour l'amidon. Lorsque la dissolution d'amidine est plus rapprochée, elle se précipite en partie, par le réfroidissement, en une matière blanche et opaque; mais cette dernière se dissout, en présentant une liqueur transparente, à une temperature de 50° R. : sous ce rapport elle se rapproche de l'inuline. La dissolution aqueuse d'amidine faite à froid, et qui en contient la dixième de son poids, se colore en bleu avec la solution aqueuse d'iode, et présente avec ce réactif tous les effets de l'amidon.*

La même dissolution est coagulée en une pâte blanche et opaque par le sous-acétate de plomb : l'acétate neutre n'y fait qu'un précipité peu sensible.

Elle est abondamment troublée par l'eau de baryte, et point par l'eau de chaux. La décoction de noix de gale n'y produit pas de changement bien marqué.

Les solutions aqueuses de potasse dissolvent l'amidine. Ces combinaisons sont très fluides, et ne se présentent point dans l'état visqueux et filant de celles d'amidon. Les acides foibles en précipitent l'amidine avec toutes ses propriétés.

L'alcool y produit aussi un précipité abondant, mais ce dernier retient une certaine proportion d'alcali qui fait que

* Annales de Chimie, T. 90. Mémoire sur l'iode par MM. Colin et Gaultier de Claubry.

l'amidine précipité ne se colore en bleu par l'iode, que lorsqu'on y ajoute un acide.

L'amidine diffère donc principalement de l'amidon, en ce que l'eau froide peut la dissoudre, en ce qu'elle ne forme point de gelée avec l'eau bouillante, ni des combinaisons visqueuses avec les lessives de potasse. Les caractères qui la distinguent du principe gommeux dont j'ai parlé précédemment, sont, 1°, de n'être pas soluble dans l'eau froide en toute proportion; 2°, de colorer en bleu la solution aqueuse d'iode; 3°, de former avec l'eau une dissolution qui est coagulée par le sous acétate de plomb.

Je n'ai point pu obtenir d'amidine par la germination du froment. Si ce produit s'y forme, c'est sans doute en trop petite quantité pour qu'on puisse le séparer de l'amidon. Dans l'analyse que j'ai faite de 100 parties de froment, avant, et après sa germination, 6 parties de sa substance farineuse ont paru détruites par cette végétation, et elles ont été remplacées par $3\frac{1}{2}$ parties de mucilage, et $2\frac{1}{2}$ de sucre sec déliquescent. Si, comme on peut le présumer, l'amidine se forme en aussi petite quantité que ces produits, elle peut rester confondue avec l'amidon sans qu'on puisse l'en séparer. D'ailleurs je n'ai pas trouvé, malgré les assertions contraires de MM. PROUST et DÖBÉREINER, que l'amidon du froment fut notablement changé dans ses propriétés par la germination.

Note C, *sur le changement de poids qu'éprouve l'amidon par sa fermentation à l'air*, § II. § X. § XIII.

En analysant le sucre produit par l'action de l'acide sulfurique et de l'eau sur l'amidon (Bibliothèque Brit. Sc. et Arts. v. 56) j'ai trouvé que cette production s'opère par la fixation

des éléments de l'eau dans l'amidon. Je suis parvenu à la même explication, on plutôt à sa confirmation en montrant que la quantité de sucre formée par ce procédé est plus grande que celle de l'amidon employé, lorsqu'ils sont séchés l'un et l'autre à la température de l'eau bouillante. Cette observation pourroit paroitre opposée à celle qui montre que le résidu de la décomposition de l'amidon à l'air pèse moins que l'amidon employé: mais il est peut être superflu d'observer que ces effets ne sauroient être comparés ; parce que dans celui de l'acide sulfurique, le sucre est en dernier résultat le seul produit notable de l'opération ; tandis que dans la fermentation de l'amidon à l'air, il se forme plusieurs produits dans lesquels les éléments de l'eau sont répartis d'une manière très inégale, et se perdent en partie par l'évaporation.

Par la fixation des éléments de l'eau dans l'amidon pour former le sucre, je n'entends pas qu'ils s'y trouvent dans l'état d'eau solidifiée ou d'eau de crystallisation ; la manière dont ils sont répartis est encore indéterminée.

Cette fixation de l'eau a lieu sans doute plus souvent qu'on ne le pense dans le traitement des substances végétales ou animales par les procédés ordinaires de nos laboratoires. J'ai trouvé que les nouvelles propriétés que les graisses acquièrent par la saponification, tiennent principalement à la fixation des éléments de l'eau dans la graisse.

100 parties de graisse de porc lavée et filtrée, m'ont fourni par leur combustion dans du gaz oxigène,*

* Cette analyse ne s'accorde pas avec celle que BÉRARD a faite de la même substance en la traitant par l'oxide de cuivre. Ses résultats ainsi qu'un grand nombre de ceux obtenus par ce procédé, m'ont paru pécher par excès d'hydrogène. (Annales de Ch. et de Phys. T. V.)

Carbone	- -	78,843.
Hydrogène	- -	12,182.
Oxigène	- -	8,502.
Azote	- - -	0,473.
		100

100 parties de la même graisse saponifiée ou précipitée de son savon de potasse par l'acide muriatique contiennent,

Carbone	- -	75,747.
Hydrogène	- -	11,615.
Oxigène	- -	12,325.
Azote	- -	0,313.
		100

Le gaz oxigène consumé et le gaz acide carbonique produit par la combustion de la graisse, avant et après sa saponification, sont presque dans le même rapport, savoir comme 100 : 71,5 dans la 1ère analyse; et comme 100 : 72,7 dans la 2de. Il en résulte qu'on pourroit presque considérer ces deux espéces de graisse comme ayant la même base unie a différentes quantités d'eau, quoique ce ne soit point là probablement le véritable mode de leur composition.

Les expériences de CHEVREUL que j'ai vérifiées ne sont pas opposées à cette explication en indiquant qu'il y a augmentation de poids dans le produit de l'opération. 100 parties de graisse de porc fournissent suivant ce chimiste, 94 ou 95 de graisse saponifiée, et environ 9 de principe doux sans compter la perte qui a lieu dans la manipulation : ces produits paroissent donc surpasser le poids de la graisse qui les a fournis.

Note D, *sur le gaz hydrogène produit par la fermentation de l'amidon*, § XIII.

On peut être surpris que le gaz hydrogène formé par la décomposition spontanée de l'empois d'amidon, soit du gaz hydrogène pur, et non point un gaz hydrogène carburé semblable à celui des marais : mais toutes les substances végétales que j'ai fait fermenter par un procédé analogue à celui qui a été employé pour l'empois, ont dégagé du gaz hydrogène pur ou presque pur, abstraction faite du gaz acide carbonique qui y étoit mêlé, et de la faculté qu'avoient quelques unes d'entr'elles de ne dégager que ce dernier.

2,85 grammes de gluten fraix qui contenoit la 0,37 partie de son poids d'eau, et au quel j'ai ajouté 16 grammes de ce liquide, ont dégagé dans cinq semaines, après avoir été placés sous un récipient renversé plein de mercure, 80 centim. cubes de gaz, sans y comprendre celui que l'eau a retenu. Les 80 étoient composés de 60 de gaz acide carbonique et de 20 de gaz hydrogène qui n'a pas formé une quantité notable de gaz acide carbonique par sa combustion.

Le froment dans une fermentation semblable n'a dégagé que du gaz acide carbonique, sans mélange de gaz hydrogène.

3 grammes de graines de pois sèches aux quelles j'ai ajouté 12 grammes d'eau, ont dégagé dans trois semaines, par un procédé semblable, 117 centimètres cubes de gaz qui contenoit 88 de gaz acide carbonique et 29 de gaz hydrogène.

J'ai répété ces expériences sur une livre de pois, en les enfermant sous un recipient plein d'eau, renversé sur ce liquide en contact avec l'air. La pesanteur spécifique du gaz

hydrogène dégagé, abstraction faite du gaz azote qui le souilloit, étoit 0,0883. 100 parties de cet air inflammable que j'ai pu analyser plus en grand que les précédents, ont consumé 55,45 de gaz oxigène, en formant 2,64 de gaz acide carbonique.

Ces expériences ont été faites avec quelques autres graines ; et celles qui ont produit du gaz hydrogène l'ont toujours dégagé pur ou presque pur, mais mêlé avec du gaz acide carbonique dans une proportion qui n'a souffert que peu de variations, c'est-à-dire environ dans le rapport de 1 : 4 en y comprenant le gaz acide que l'eau a retenu ; tel étoit aussi le mêlange de gaz que l'amidon et le gluten ont fourni.

La formation d'un gaz hydrogène aussi pur par la fermentation n'avoit pas été observée : elle conduit à chercher la raison pour la quelle la fermentation des marais produit un gaz inflammable aussi différent du précédent.